

Nichts dem Zufall überlassen

Jörg Schmidt: Die Aufgabe für das Praxisbeispiel lag in der Fertigung einer Zweischalorthese für einen Patienten mit Charcotfuß bei Diabetes mellitus. Der Patient brachte zum Zeitpunkt der Orthesenfertigung ein Körpergewicht von zirka 140 Kilogramm auf die Waage. Dies stellte zweifellos besondere Ansprüche an die Konstruktion.

Um eine möglichst effiziente und vor allem langfristige Entlastung des Fußes zu gewährleisten, musste die Orthese zwei Kriterien erfüllen: eine gute Paßform und damit einen der Situation entsprechenden hohen Tragekomfort sowie ein geringes Gewicht. Die Akzeptanz des Hilfsmittels durch den Patienten ist gerade in einem solchen Fall von entscheidender Bedeutung für den Behandlungserfolg.

Fragen stellen

Vor der Fertigung steht eine gründliche Vorbereitung. Alle Fragen rund um das zu fertigende Hilfsmittel sollten beantwortet sein. In unserem Beispiel stellten wir folgende:

- Was soll erreicht werden?
- Wie soll das Hilfsmittel aussehen?
- Welche Belastungen treten auf?



2 Die Polstermaterialien sind als „loser“ Inliner gearbeitet.

- Welche Materialien wollen wir verwenden?
- Wie wird der Einstieg in die Orthese realisiert?
- Wie wird der Verschluss gestaltet?
- Wie wird die Fußbettung in die Orthese integriert?
- Muss der Schuh auf der Gegenseite angeglichen werden?
- Besteht die Möglichkeit der Nachbearbeitung?

Antworten geben

Was soll erreicht werden? Beabsichtigt war eine Entlastung des Fußes. Eine Totalentlastung ist jedoch unrealistisch.

Wie soll das Hilfsmittel aussehen? Die Kräfte werden im Bereich der Kniecondylen und des Unterschenkels vom Körper auf die Orthese übertragen. Das bedeutet zum einen eine Konstruktionshöhe über das Knie, zum zweiten ein entsprechendes Untermaß in den lastaufnehmenden Regionen des Unterschenkels (Abb. 1).

Welche Belastungen treten auf? Da die Orthese im Bereich der Lastaufnahme wie ein Trichter wirkt, werden die beiden Schalen auseinandergedrückt. Diese Belastung wird in der Hauptsache von den Verschlüssen aufgefangen. Zusätzlich werden die Schalen gegeneinander verschoben. Diese Kraft kann vom Verschluss nicht aufgefangen werden. Deshalb wird ein Schienensystem mit einlaminiert.

Im Bereich der Ferse wird es zu Druck-, Zug-, und Torsionskräften kommen. Besonders die Kombination dieser Kräfte während des Abrollvorgangs ist zu beachten. Je weiter die Schalen-



1 Im Bereich der Lastaufnahme wirkt die Orthese wie ein Trichter.

konstruktion unter dem medialen und lateralen Knöchel nach vorne gezogen werden kann, desto besser werden diese Kräfte aufgenommen.

Welche Materialien finden Verwendung? Leicht und stabil ist die Maxime. In Frage kommt eine Fertigung mit Faserverbundwerkstoffen. Die innenliegenden Polstermaterialien sollten alle hygienisch notwendigen Eigenschaften erfüllen.

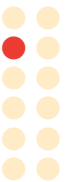
Wie wird der Einstieg in die Orthese realisiert? In unserem Beispiel von vorne nach hinten. Die Handhabung ist nicht schwierig. Die Orthese kann problemlos vom Patienten alleine – ohne Hilfe – angezogen werden.

Wie wird der Verschluss gestaltet? Die Schalen werden durch Schnallen miteinander befestigt. Auf der Innenseite sind dies verstellbare Bänder. Auf der Außenseite haben sich Skistiefelschnallen bestens bewährt.

Einbau einer Fußbettung? Da eine Restbelastung des Fußes nicht gänzlich auszuschließen ist, muss auch eine Fußbettung in die Orthese eingebaut werden. In unserem Fall handelt es sich um eine CAD-CAM gefertigte Fußbettung, welche von der Orthese aufgenommen und ganz am Ende eingeklebt wird.

Angleichung des „Normalschuhs“? Die Orthese hat eine Beinlängenzugabe von 50 Millimeter, um den Fuß schweben zu lassen. Diese Zugabe muss in jedem Fall auf der nicht betroffenen, gesunden Seite ausgeglichen werden.

Nachbearbeitungsmöglichkeit? Durch die Verwendung von thermoplastischem Acrylharz ist die Orthesenschale in gewissem Maße nachverformbar. Bei



3 Verschleifen des Inliners.

den verwendeten Polstermaterialien besteht diese Möglichkeit ebenfalls. Diese sind als herausnehmbarer Innenliner gearbeitet (Abb. 2).

Los geht's ...

Zunächst wurde für den Leisten ein Gipsabdruck über Kniehöhe angefertigt (Stellung OSG/USG 0°-, Knie 5°-Flexion). Wegen der enormen Beinmaße verwendeten wir einen leichten Leistenschaum, um die Handhabung nicht unnötig kompliziert zu gestalten.

Der Leisten wurde im Bereich der Kniekondylen auf Untermaß gearbeitet, damit die Orthese an dieser Stelle wie ein Trichter einen Großteil der Last aufnehmen konnte. Im oberen Unterschenkelbereich wurde ebenfalls auf ein entsprechendes Untermaß geachtet. Hier ist durch eine moderate Kompression eine Lastaufnahme möglich.

Um unerwünschte Scherkräfte zwischen Haut und Orthese zu vermeiden, ist auf einen festen Sitz zu achten.

Im Bereich der Malleolen wurde dann eine Längenzugabe von 50 Millimetern eingearbeitet, welche den Fuß in der Orthese schweben lässt.

Nach Fertigstellung des Leisten und einer Überprüfung der Passform begannen wir mit dem Aufwalken der verschiedenen Polstermaterialien (BIRKOZELL 2 mm, LUNAIRMED 3 mm, Polyschaum 200 10 mm). Diese kleiden die Orthese nach innen aus (Abb. 3 + 4).

Die Fertigung erfolgte aus Glasgitter- und Carbonflechtschlauch. Als Matrix verwendeten wir Acrylharz (Carbonharz) 80:20.

Um die auftretenden Scher- und Torsionskräfte entsprechend aufnehmen zu können, wurden entlang der zu erwartenden Lastverläufe Verstärkungen aus Carbonflechtschlauch eingelegt. Dieser hat die hierfür besten Eigenschaften.

Verarbeitet wurden die Materialien im Zweikammer-Vacuumverfahren.

Zuerst wurde die hintere Schale laminiert (Abb. 5). Über die bereits auf den Leisten aufgewalkten Polstermaterialien wurde ein PVA-Folienschlauch gezogen. Anschließend folgten zwei Lagen Glasgitterschlauch (Abb. 6). Hierauf wurden die ersten Carboneinlagen gebracht (Abb. 7). Diese kann man mit speziellem Klebeband oder

Sprühkleber auf dem Glasfaseruntergrund anheften. Wichtig ist das Abchecken der Verträglichkeit zwischen verwendetem Kleber und dem Harz. Denn wenn es durch eine mögliche Unverträglichkeit der Materialien zu „weichen“ Stellen im Laminat kommt, hat man für die Mülltonne gearbeitet.

Anschließend wurden weitere zwölf Lagen (sechs Doppelschläuche) Glasgitterschlauch aufgezo-gen. Diese bilden die „neutrale Faser“ im Werkstück. Hier waren also keine Carboneinlagen notwendig. Die Kohlefaserschläuche legten wir wieder in die jetzt folgende äußere Schicht. Zusätzlich wurden in diesen Bereich auf der Außen- und Innenseite je zwei kleine Schienen eingearbeitet. Diese sollen beim fertigen Werkstück die vordere und hintere Schale miteinander verzahnen. So konnten wir das Verschieben der beiden Schalen untereinander verhindern. Dies alles wurde dann von zwei Lagen Glasgitterschlauch abgedeckt. Den Abschluss bildete ein Deko-Einguss-schlauch.

Bei allen Fasern haben wir selbstverständlich immer auf eine gute Ausstreckung geachtet.

Nach dem Aushärten der Matrix wurde das Laminat aufgesägt und vom Leisten genommen. Anschließend zugeschnitten, geschliffen und in die gewünschte Form gebracht.

Dann erfolgte die Vorbereitung für das Laminieren der vorderen Schale.



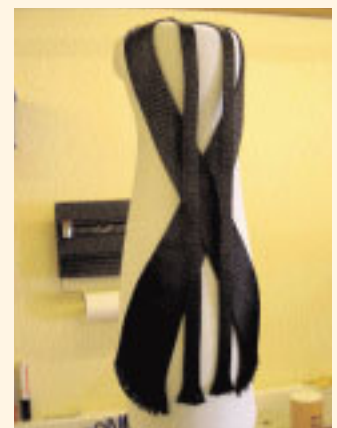
4 Aufgewalkter Inliner.



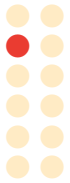
5 Fertig zum Laminieren.



6 Die Glasgitterschläuche werden unter Vorspannung gebracht.



7 Carboneinlagen mit „Torsionskreuz“.



Die hintere Schale wurde wieder auf dem Leisten befestigt. Die notwendigen Polstermaterialien wurden im Schienbeinbereich des Leistens angebracht. Darüber wurde die erste PVA Folie gezogen. Es folgten Glasfaser-schläuche und partielle zirkuläre Verstärkungen aus Carbonband. Abschließend der zweite PVA-Folienschlauch in welchen das Harz eingefüllt wurde.

Vorteil Harz

Vom Materialaufwand ist diese Methode denkbar ungünstig. Der gesamte Leisten muss mit Fasermaterial „eingepackt“ werden, wobei nur ein kleiner Teil, nämlich der Bereich der vorderen Schale, gebraucht wird. Dies lässt sich jedoch kaum ändern. Beim Harz kann man hingegen deutlich sparen. Legt man nämlich einen zusätzlichen Einfüllschlauch unter die PVA-Folie, kann man ein Harzdepot direkt dort anlegen, wo es anschließend gebraucht wird. Dann muss das Harz nicht über die ganze Orthese einmassiert werden.

Neben einer deutlichen Materialeinsparung hat diese Technik auch einen deutlichen Vorteil beim anschließenden „Öffnen“ des Werkstücks. Die im restlichen Bereich liegenden, undurchtränkten Fasern können problemlos mit einer Schere aufgeschnitten werden. Sie müssen nicht mühsam und zeitaufwändig mit einer Oszillationssäge zerteilt werden.

Nach dem Aushärten des Harzes wurde die vordere Schale nach den Erfordernissen aus dem durchtränkten Bereich ausgeschnitten und bearbeitet. Die Schienen in der hinteren Schale, welche das Verschieben der beiden Schalen verhindern sollen, hatten sich sehr gut auf die vordere Schale übertragen. Jetzt mussten nur noch die Verschlüsse angebracht werden. Für den Sohlenaufbau verwendeten wir Lunalign mit einer Gummiabdecksohle. In die Sohlenkonstruktion wurde eine starke Rolle eingeschliffen. Die Fußbettung wurde nach erfolgter Anprobe eingeklebt (Abb. 8).]



8 Die fertige Schale mit eingeklebter Fußbettung.

● ● **Anschrift des Verfassers:**

OSM Jörg Schmidt
Bierstraße 7
66740 Saarlouis